BR-145
Februar 2000

Das IUE Vermächtnis für die Astronomie der Zukunft

esa

INES

INTA

Ein fortschrittliches Datenarchiv für ultraviolette Spektren

Ultraviolette Strahlung

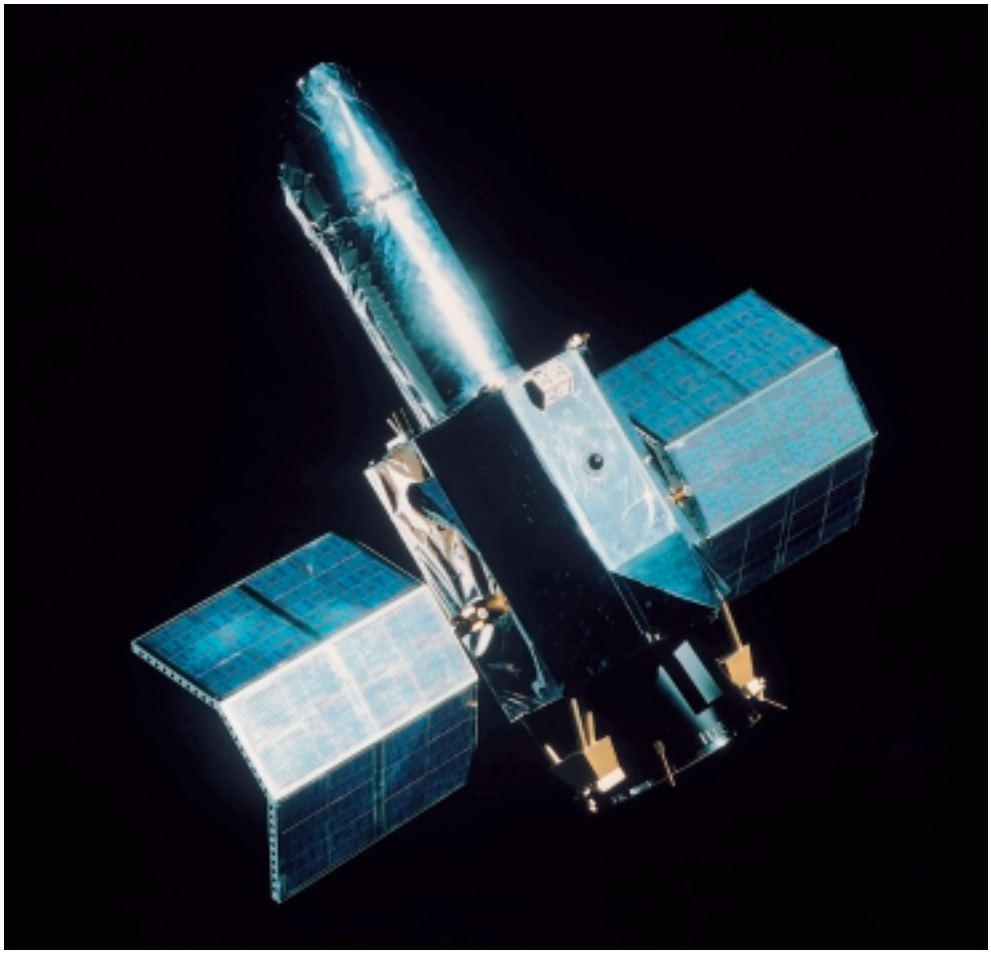
Ultraviolette (UV) Strahlung wird durch das menschliche Auge nicht wahrgenommen und ist extrem schädlich für die menschliche Haut. Glücklicherweise schützt uns die Ozonschicht der oberen Atmosphäre (in 15 – 40 km Höhe) vor dieser Strahlung. Für astronomische Beobachtungen ist diese Schutzschicht jedoch sehr hinderlich, da das meiste UV-Licht nicht den Erdboden und damit auch nicht terrestrische Teleskope erreichen kann. Damit sind Informationen unzugänglich, die man aus der UV Strahlung kosmischer Objekte gewinnen kann. Nur wenn man UV-Teleskope in eine Umlaufbahn ausserhalb der Erdatmosphäre bringt, kann das Universum im ultravioletten Licht beobachtet werden.

Aus dem Licht, bzw. aus der elektromagnetischen Strahlung, das kosmische Quellen in verschiedenen Wellenlängen ausstrahlen, können unterschiedliche Informationen über diese Objekte aus den verschiedenen Wellenlängenbereichen gewonnen werden. Obgleich extraterrestrische Quellen elektromagnetische Strahlung in nahezu allen Wellenlängen abstrahlen, liegt, je nach Temperatur oder Ionisationsgrad der chemischen Elemente der Quelle, die maximale Intensität der Strahlung bei ganz unterschiedlichen Wellenlängen. Zum Beispiel emittieren kühle Quellen (von 100° bis 700° Celsius) die meiste Strahlung im infraroten Wellenlängenbereich (gut mit Infrarotteleskopen zu beobachten), während Quellen mit einer Oberflächentemperatur zwischen 800 und 10000 Grad ihr Strahlungsmaximum im optischen Bereich haben, in dem auch das menschliche Auge empfindlich ist. Diese Quellen können somit am besten mit optischen Teleskopen beobachtet werden. Der typische Temperaturbereich für Objekte jedoch, die ihr Strahlungsmaximum im Ultravioletten besitzen, liegt zwischen 10.000 und 100.000 Grad Celsius. Die im Ultravioletten sehr hellen Quellen im Universum sind z.B heisse Sterne, Akkretionsscheiben und starke Schockfronten. Objekte, die noch mehr Energie abstrahlen können, sind demnach im Röntgen- und Gammabereich zu beobachten, der sich zu kürzeren Wellenlängen anschliesst.

Durch das Studium des ‘ultravioletten Universums’ sind die Astronomen zu einer weitaus differenzierteren und vollständigeren Betrachtungsweise sowohl unseres Sonnensystems als auch der Beschaffenheit des Raumes zwischen Sternen und zwischen Galaxien gelangt. Sie sind damit wesentlich besser in der Lage, etwas über die nähere Umgebung eines Schwarzen Loches zu erfahren oder auch Phänomene, wie z.B. Supernovae oder Nova Explosionen, besser zu verstehen. Aber die UV-Show des Universums hat gerade erst begonnen.....

Fakten des gemeinsamen ESA/NASA/UK IUE Projektes

Lebenszeit:	18.7 Jahre ununterbrochener Betrieb bis September 1996
Orbit:	Geosynchroner Orbit 32.000 x 52.000 km
Betrieb:	Zwei Beobachtungsstationen (VILSPA in Spanien und GSFC in den USA)
Teleskop:	45 cm, f/15 Ritchey-Chretien Cassegrain
Start:	Delta Rakete, Start am 26. Januar 1978 von Cape Canaceral (671 Kg)
Wiss. Instr.:	2 Spektrographen für den UV Wellenlängenbereich, Bildsystem für die exakte Stabilisierung 2 mögliche Auflösungen mit 18 km/s und 800 km/s
Datenbestand:	110.032 Spektren von 11054 verschiedenen Objekten, die sich über einen Helligkeitsbereich von 10 Milliarden verteilen, inklusive Kometen, Planeten, Sterne, Galaxien und Quasare
spezielle Charakteristiken der Mission:	UV-Beobachtungen ausserhalb der Atmosphäre der Erde Betrieb analog zu bodengebundenen Observatorien Aussergewöhnlich kurze Reaktionszeit auf plötzlich auftretende Ereignisse (1 Stunde) Ungewöhnlich häufig frequentiertes Datenarchiv seit Beginn der Mission
Datennutzung:	Fünf Spektren werden jede Stunde den Archiven entnommen 3585 publizierten Artikeln – in der referierten Literatur - lagen IUE-Daten zugrunde In mehr als 500 Doktorarbeiten wurden IUE-Daten benutzt



Der IUE Satellit in seiner endgültigen Konfiguration im All, mit sechs ausgefahrenen, hexagonal angebrachten, Solarpaneelen. Der vorn am Teleskop angebrachte Schutzschirm verhinderte, dass Licht von der Sonne und von der Erde in die wissenschaftlichen Intrumente gelangen konnte.

Der IUE Satellit

Der International Ultraviolet Explorer (IUE) war das erste Weltraum-Observatorium, welches in eine Erdumlaufbahn gebracht wurde. Obgleich schon mit früheren Raketenflügen und Satellitenmissionen - wie z.B. mit dem TD-1 der ESA, dem Copernicus der NASA oder dem ANS der NASA/SRON – gezeigt werden konnte, dass durch die Beobachtung der ultravioletten Strahlung wertvolle neue Informationen gewonnen werden können, war der IUE das erste wirkliche Weltrauminstrument, welches der ganzen astronomischen Gemeinschaft weltweit zu Beobachtungszwecken zur Verfügung stand. Es war eigentlich erst der IUE Satellit, der den Beginn der UV-Astronomie markierte und durch ihn die Astrophysiker lernten, die großen Vorteile der Weltraumwissenschaften zu nutzen.

IUE hält bis heute den Rekord, das längste aktiv im Weltraum arbeitende Observatorium gewesen zu sein. Der IUE Satellit, ein gemeinsames Projekt der ESA, der NASA und Großbritanniens, arbeitete bis September 1996, 13 Jahre länger als ursprünglich geplant. Ein Team von 50 Astronomen und Ingenieuren betrieb den Satelliten von Villafranca (Satelliten Beobachtungsstation der ESA in Spanien) und vom Goddard Space Flight Center der NASA (Maryland, USA) aus. Mehr als 2000 Wissenschaftler führten mit dem IUE Beobachtungen durch. Sie hatten dabei die für Weltraummissionen ungewöhnliche und seltene Möglichkeit, auf aussergewöhnliche astronomische Ereignisse durch gezielte Änderungen der Beobachtungspläne sehr schnell reagieren zu können. Mit dem IUE Satelliten wurden mehr als 110.000 Spektren von 11.000 verschiedenen Himmelsobjekten aufgenommen. Jedes Spektrum wurde von verschiedenen Astronomen im Durchschnitt 6 mal zur wissenschaftlichen Analyse von den Datenzentren angefordert.

INES, das IUE Erbe für die Astronomie der Zukunft

Das IUE Archiv war das erste astronomische Datenarchiv, welches on-line genutzt werden konnte – und das zu Zeiten, als das World Wide Web noch gar nicht existierte. Jetzt sind in ihm nahezu zwei Jahrzehnte UV-Astronomie abgespeichert: mehr als 110.000 Spektren von 11.000 Objekten.

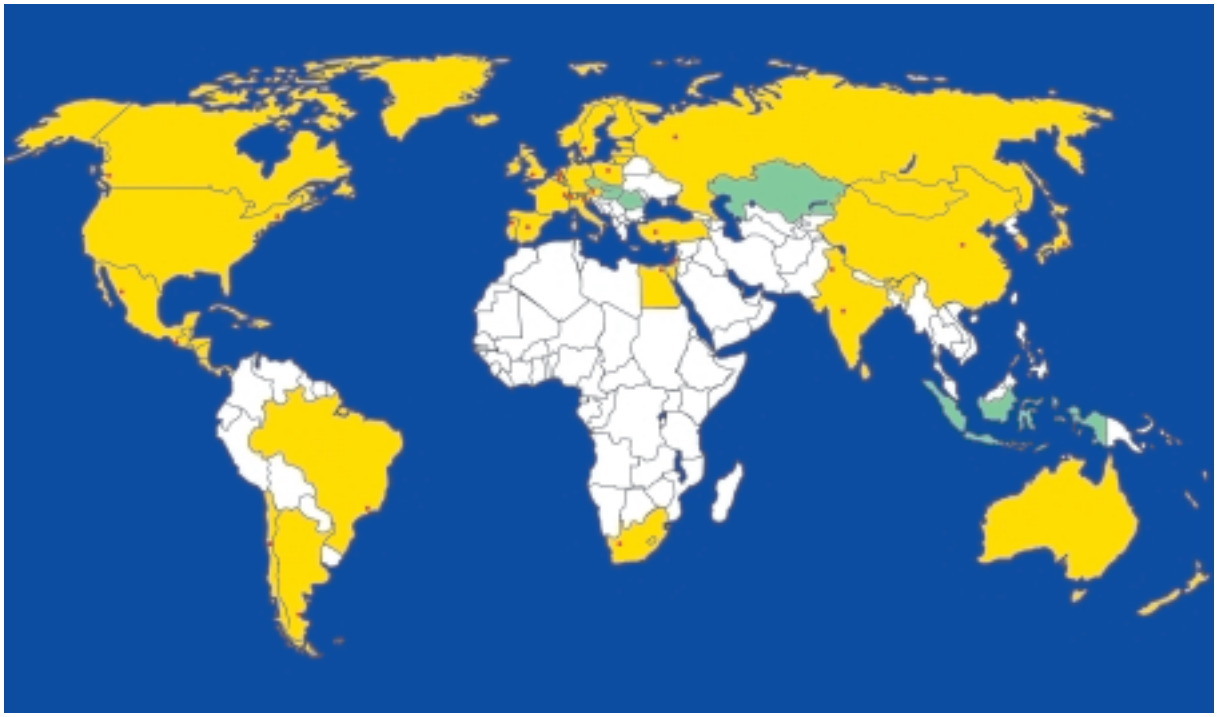
Kann IUE ein besseres Vermächtnis hinterlassen? Um diese Goldmine an Entdeckungen weiterhin voll nutzen zu können, hat die Europäische Weltraum Agentur (ESA) INES entwickelt, ein System, mit dem IUE Daten weltweit verteilt werden können.

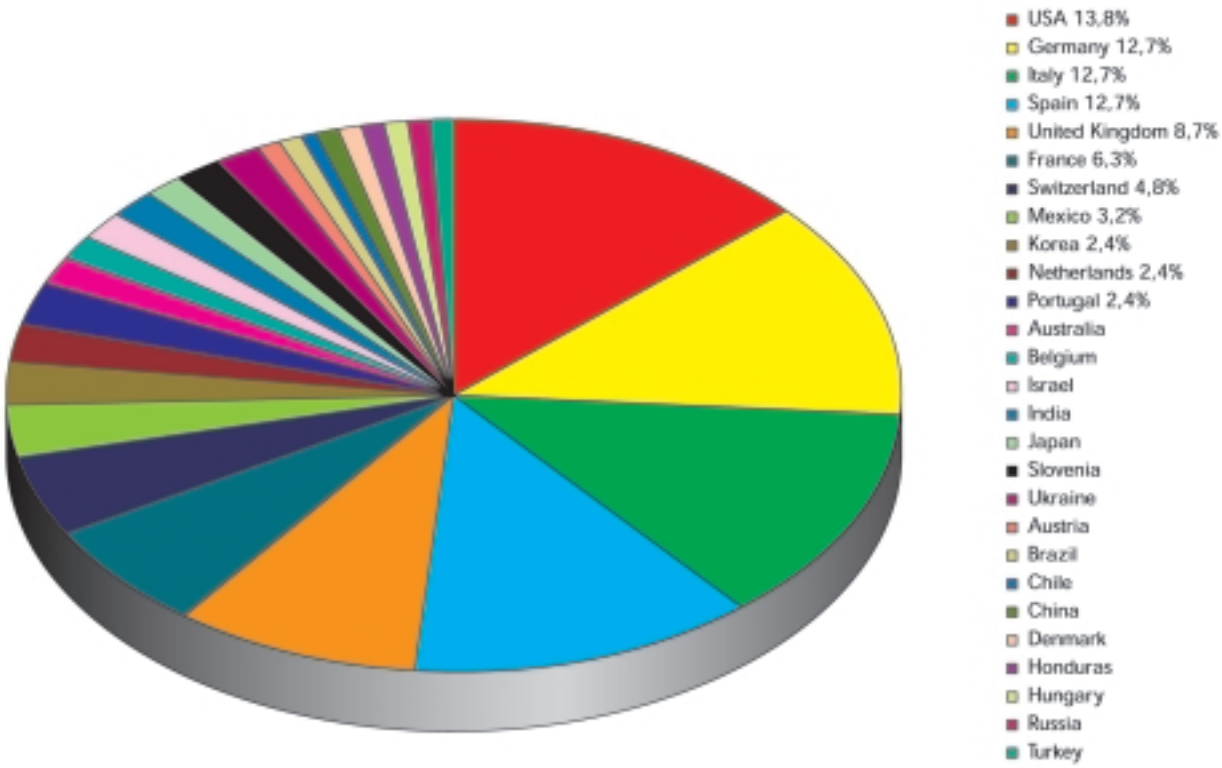
Das INES (IUE Newly Extracted Spectra) System ist ein komplettes astronomisches Archiv und ein Daten-Verteilungssystem. Der Aufbau und die Freigabe dieses Systems für die astronomische Gemeinschaft stellt das Ende der ESA Aktivitäten im Zusammenhang mit dem IUE Projekt dar.

Archive sind essentiell für alle Weltraumprojekte. Sie enthalten Informationen, die Beobachtungen zugrunde liegen, die in der Regel nicht wiederholt werden können. Sie sind exzellente Hilfsmittel, um zeitlich veränderliche Phänomene zu studieren. Desweiteren ist die Datenerfassungsrate während einer solchen Mission zu hoch, um alle Daten der Gemeinschaft sofort zugänglich zu machen.

INES enthält den kompletten Datensatz aller ultravioletter Spektren, die vom IUE Satelliten während seiner 18.7 Lebensjahre im All aufgenommen wurden. Alle Daten sind in einem Format zugänglich, welches es erlaubt, direkte wissenschaftliche Analysen ohne spezielle Datenreduktionskenntnisse durchzuführen. Mit der Freigabe von INES endet ein Vierteljahrhundert, in dem das IUE Projekt eine herausragende Rolle in der Astrophysik gespielt hat.

Diese Karte zeigt die breite Verteilung des INES Systems, welches den wissenschaftlichen Zugang zu Spektren im ultravioletten Wellenlängenbereich erlaubt. Die Länder, die mit der gelben Farbe markiert sind, weisen aktive INES Benutzer auf, die nationalen Zentren sind mit roten Punkten markiert. Die Länder, die mit der grünen Farbe markiert sind, besitzen keine nationalen Zentren, sodaß die Wissenschaftler lokal vom Hauptzentrum am LAEFF betreut werden.





Geographische Verteilung der INES Benutzer 1999

Da INES ein einmaliges historisches Referenz-Archiv ist, wurden spezielle Anstrengungen unternommen:

- um einfachen Datenzugang sicherzustellen. Das Verteilungssystem des Archivs ist in einer zeitgerechten Konfiguration entwickelt worden: es kann mit Hilfsmitteln bearbeitet werden, die an den meisten Forschungsinstituten, Universitäten und Schulen weltweit vorhanden sind;
- um zur effektiven Datennutzung spezielle Projekt-Kenntnisse oder Expertisen so gering wie möglich zu halten;
- um die Daten so zu organisieren, daß sich zukünftige Neuerungen sehr einfach in das INES System einbauen lassen, ohne die ursprüngliche Funktionalität zu beeinträchtigen;
- um die Unterhaltskosten zum Betreiben des Archivs so klein wie möglich zu halten.

Während der gesamten Laufzeit des IUE Projekts wurde besonders darauf geachtet, dass generell die Verteilung der Beobachtungsdaten an die Wissenschaftler gewährleistet war. Die Erfahrungen, die mit dem ersten astronomischen on-line Archiv, ULDA – das im Jahre 1985 vom ESA/IUE Projekt-Management eingeführt wurde -, flossen vollständig in das Design des INES Systems mit ein.

Das System besitzt drei strukturelle Ebenen:

- Ein Hauptzentrum am LAEFF/INTA – in der ESA Station Villafranca bei Madrid –, mit einem Datenspiegel am CADC (Victoria, Kanada);
- 20 nationale Zentren (zum jetzigen Zeitpunkt);
- Eine unbegrenzte Zahl von Endnutzern

Das Hauptzentrum enthält den kompletten Datensatz und ist der zentrale Ort des Systems. Es gestattet Zugang zu den Informationen, die in den nationalen Zentren nicht zur Verfügung stehen. Für die Zukunft ist geplant, das System dort vor Ort zu pflegen und in enger weltweiter Kooperation mit den beteiligten Wissenschaftlern weiterzuentwickeln. Die nationalen Zentren sind in mehreren verschiedenen Ländern zu finden und bieten einen einfachen Zugang zum Archiv. Sie enthalten einen Teil des Hauptarchivs. Anfragen zu Spektren werden entweder lokal abgearbeitet oder die Anfragen werden direkt an das Hauptzentrum weitergeleitet.

Der gesamte Prozess der Datengewinnung ist voll automatisiert und gänzlich transparent für den Benutzer. Mit der Inbetriebnahme einer beträchtlichen Anzahl nationaler Datenzentren in Verbindung mit dem Hauptzentrum und der “Spiegelseite” in Kanada werden lokale Verbindungsprobleme vermieden und eine ununterbrochene Verfügbarkeit aller Daten garantiert.

Wissenschaft mit IUE:
Von der Aurora Jupiters bis zu den Schwarzen Löchern

IUE begann seine Arbeit mit der Beobachtung des sehr hellen Sterns Capella im Sternbild Auriga und beendete seine Arbeit 18.7 Jahre später mit der Beobachtung des gleichen Objektes. Während der gesamten Zeit war der Satellit das ultraviolette Auge der Welt am Himmel, ein Periskop zu einem Universum, welches allen, die innerhalb der Erdatmosphäre leben, für immer verschlossen bleibt. Bessere Beobachtungsmöglichkeiten konnten sich die Astronomen auch in ihren kühnsten Träumen nicht vorstellen. IUE, dessen ursprüngliche Lebenszeit nur auf fünf Jahre ausgelegt war, hat Schlüsselbeiträge in vielen Feldern der Astronomie geliefert. Die Entdekkungen, die sowohl im Sonnensystem als auch in den entfernten extragalaktischen Räumen gemacht wurden, haben neue wissenschaftliche Felder hervorgebracht und eine neue Generation von Astronomen in ihrer Arbeit befruchtet.

IUE lieferte z.B die erste systematische Studie über die Änderungen der Aktivitäten eines Kometen während seiner Reise durch das Sonnensystem. IUE entdeckte beim Jupiter nicht nur die Existenz einer Aurora, sondern konnte auch nachweisen, wie sie sich während des 11-jährigen Sonnenzyklus verändert. Weit entfernt von unserer unmittelbaren Nachbarschaft entdeckte IUE den Halo unserer eigenen Galaxie - eine große Masse heißer Materie an den Rändern unserer Milchstraße - und vermaß die Ausdehnung eines Schwarzen Lochs im Zentrum einer Aktiven Galaxie. Ebenso wurde der einzige Quasar mit hoher Rotverschiebung im UV von IUE entdeckt.

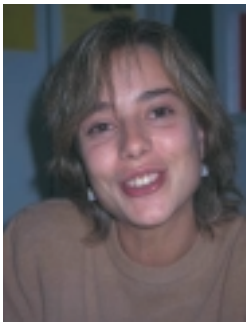
Das erste wirkliche Weltraumobservatorium - das erste Observatorium übrigens, das mehr als 30.000 Kilometer von der Erde entfernt stationiert wurde - wurde in gleicher einfacher Weise betrieben wie ein erdgebundenes Teleskop.

Seine orbitalen und operationalen Eigenschaften erlaubten es, sowohl sehr schnell auf astronomische Ereignisse flexibel reagieren zu können, als auch lange ununterbrochene Beobachtungen durchzuführen. Daraus resultierend konnten Supernovae schon wenige Stunden nach ihrem Ausbruch zum ersten Mal beobachtet werden und Objekte, die über Zeitskalen von Tagen variieren, wie die stellaren Winde heißer Sterne, konnten durch lange Beobachtungsreihen nun viel besser verstanden werden.

IUE war auch das erste Weltraumobservatorium, welches in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen mit anderen astronomischen Satelliten und erdgebundenen Teleskopen simultane Beobachtungen durchführte.

Aber neben all diesen Vorzügen hat die lange Lebensdauer des Satelliten dazu beigetragen, daß die Astronomen Zeugen von Ereignissen wurden, die sie nie für möglich gehalten hätten. Sie wurden z.B. Zeugen der Metamorphose von sehr alten Sternen zu wunderschönen planetarischen Nebeln: ein zentraler Stern umgeben von hell erleuchtetem Gas und Staub.

Durch die Analyse aller aufgezeichneten IUE Beobachtungsdaten des alten Sterns konnten die Forscher die spektakulären Änderungen nachvollziehen, die dieser Stern in weniger als zwei Jahrzehnten durchleben musste.



Dr Eva Verdugo, INSA
ISO Archiv-Analytikerin
Das Studium und das Benutzen der Daten im IUE Archiv für meine Doktorarbeit war ein wundervolles Training, um mit Instrumenten der Zukunft arbeiten zu können.

Dr Willem Wamsteker, ESA
IUE Projekt-Wissenschaftler
IUE setzte die Standards, an denen zukünftige Projekte gemessen werden müssen; daran beteilgt zu sein, war ein Privileg und eine sehr aufregende Erfahrung.

Prof. Mudumba Parthasarathy, IIA
Wissenschaftler ISRO, Indien
Für die Wissenschaftler in Ländern wie Indien ist die Verfügbarkeit der IUE Daten mit INES eine bedeutender Schritt, um an UV-Daten zu gelangen. Kein anderes System macht es so einfach, Daten für wissenschaftliche Entdeckungen zu erhalten.

Prof. Klaas S. de Boer, Universität Bonn
Direktor der Sternwarte Bonn, Deutschland
Vom ersten Moment des Arbeitens mit dem IUE und mit den gewonnenen Daten war es bemerkenswert zu erleben, wie das Projekt seine dynamische Struktur erhalten und bis zum Ende behalten hat. Mit der Auslieferung von INES ist der ESA ein bemerkenswerter Abschluss dieses ein Vierteljahrhundert dauernden IUE Projekts geglückt.

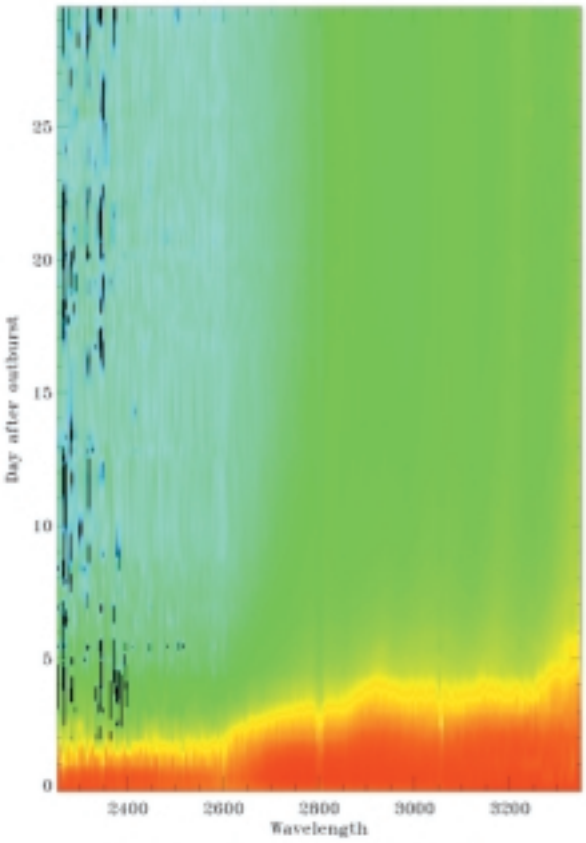
Lokalisierung des Vorläufersterns einer Supernova

Das ‘Target of Opportunity’ Programm des IUE Projektes erlaubte schnelle Reaktionen auf aussergewöhnliche Ereignisse, und so konnte die Supernova 1987 A (SN1987A) nur wenige Stunden nach ihrer Entdeckung mit dem Satelliten beobachtet werden. Mit den über acht Jahre verteilten IUE Beobachtungen dieses Objekts konnte der kompletteste Datensatz erstellt werden, der je gemacht wurde: Hierin zeigt sich die Entwicklung einer Supernova im Ultravioletten Licht. Figur 3 zeigt die zeitliche Entwicklung des UV Spektrums von SN1987A während der ersten Monate. Die Helligkeit nimmt in den ersten drei Tagen um einen Faktor 1000 ab!

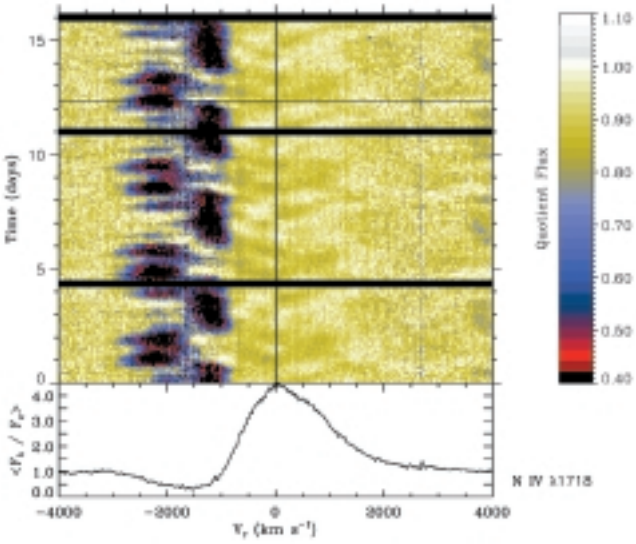
Zusätzlich zu den eigentlichen Studien über SN1987A selber, die die Existenz von Photosphärenmaterial zeigen konnten, welches sich mit Geschwindigkeiten von bis zu 40000 km/s bewegt, ist es erwähnenswert, dass es mit den IUE Daten möglich war, den explodierenden Stern zu lokalisieren: den blauen Überriesen Sk-690202. Es war das erste Mal, dass der Vorgängerstern einer Supernova beobachtet wurde, und die gängigen Theorien stellarer Entwicklung mußten sich an diesen Daten messen lassen.

Die zirkumstellare Ringstruktur um die Supernova, die in Direktaufnahmen vom HST erst 1991 gesehen werden konnten, wurde vom IUE schon wenige Monate nach dem Ausbruch entdeckt. Zusätzlich konnte man aus Beobachtungen von UV-Echos, die dadurch entstehen, dass interstellarer Staub beleuchtet wird, der sich nahe der Sichtline zwischen SN1987A und dem Beobachter befindet, das Spektrum zum Zeitpunkt der Explosion rekonstruieren: dieses deutet auf extrem heiße Temperaturen zu diesem Zeitpunkt hin.

③



④



Heiße Stellare Winde

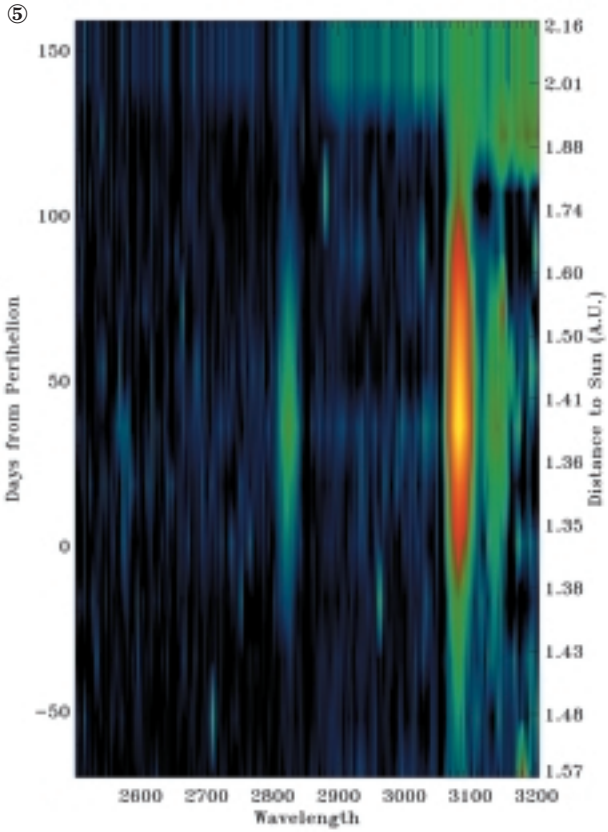
Heiße Sterne sind u.a. dadurch charakterisiert, dass sie starke Winde aufweisen, die enorme Mengen von Materie mit mehreren tausend Kilometern pro Sekunde ausstossen können. Dieser Massenverlust, der sich auf Zeitskalen von Stunden und Tagen verändern kann, übt einen gewaltigen Einfluß auf das Leben des Sterns aus. Ununterbrochene Beobachtungen über mehrere Tage hinweg sind absolut nötig, um den Mechanismus zu verstehen, der diese Winde antreibt. Das Beispiel in Figur 4 zeigt einen ‘Wolf Rayet Stern’, einen entwickelten massiven heißen Stern, der noch höhere Materiegeschwindigkeiten und noch größere Massenverlustraten aufweisen kann.

Das Diagramm zeigt, wie sich die Geschwindigkeiten des Gases, die man aus der Verschiebung charakteristischer Absorptionslinien ermitteln kann, periodisch ändern. Diese Gasströme ändern sich auf zwei verschiedenen Zeitskalen von einem und von vier Tagen, wobei maximal Geschwindigkeiten von 3000 bzw. 1500 km/s auftreten können. Die Koexistenz dieser zwei periodischen Effekte zeigt deutlich die Komplexität dieser wechselwirkenden Phänomene, die in den äußeren Regionen dieser Sterne auftreten können.

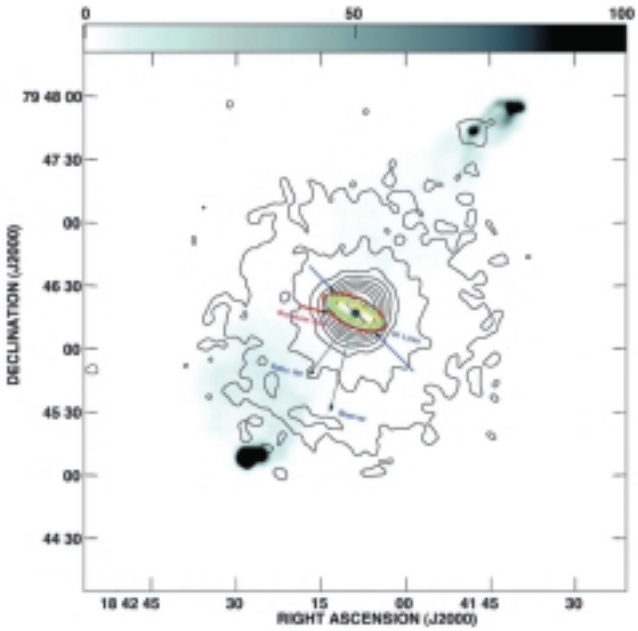
Die Jagd nach einem Kometen

Die Beobachtungen von Kometen gehörte zu den grössten Herausforderungen, die mit dem IUE bewältigt werden mußten; es ist ausserordentlich schwierig, den Satelliten Objekten nachzuführen, die sich schnell am Himmel bewegen. Nichtsdestotrotz wurden Kometen vom Anfang der Mission an mit dem IUE Satelliten beobachtet. IUE entdeckte z.B. nie vorher gesehene Moleküle im Kern von Kometen und - noch wichtiger - IUE war sehr oft in der Lage, diesen Objekten auf ihrem langen Weg zu folgen: von ihrem ersten Erscheinen in großen Entfernungen bis zu dem Zeitpunkt ihrer grössten Annäherung an die Sonne. Dies ermöglichte es den Astronomen zum ersten Mal, die Veränderung der Rate der Wasserdampfproduktion durch das ständig stärker werdende Aufheizen durch die ultraviolette Strahlung der Sonne bei der Annäherung zu analysieren. In dem Bild sieht man, wie die Strahlung des Kometen P/d'Arrest anwächst, wenn er sich der Sonne nähert. Diese Strahlung wird durch OH-Radikale beeinflusst, die beim Zerfall von Wasser in seine Bestandteile entstehen. Die Analysen ergaben, dass der Wasserverlust des Kometen ca. 20 Liter/Sekunde beträgt, wenn sich der Komet noch 300 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt befindet. Dieser Verlust steigt auf 1200 Liter/Sekunde an, wenn er sich weitere 100 Millionen Kilometer der Sonne nähert. Bei seiner größten Annäherung an die Sonne verliert der Komet alle 30 Minuten soviel Wasser, wie ein olympisches Schwimmbecken faßt.

⑤



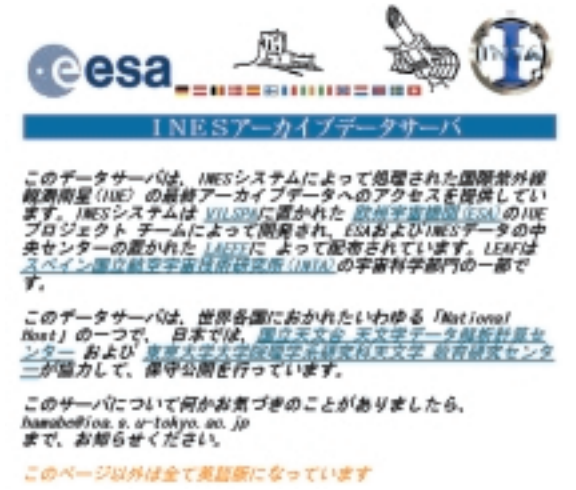
⑥

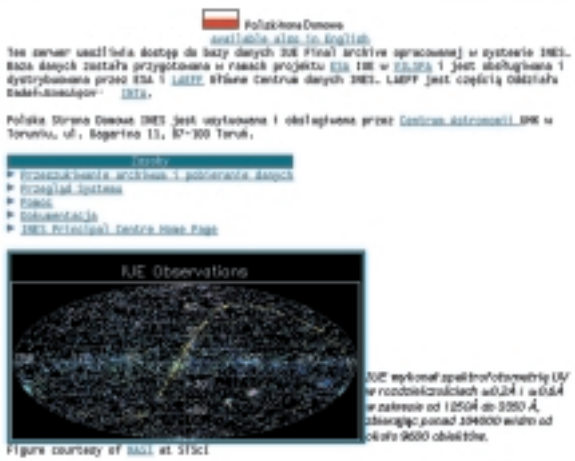


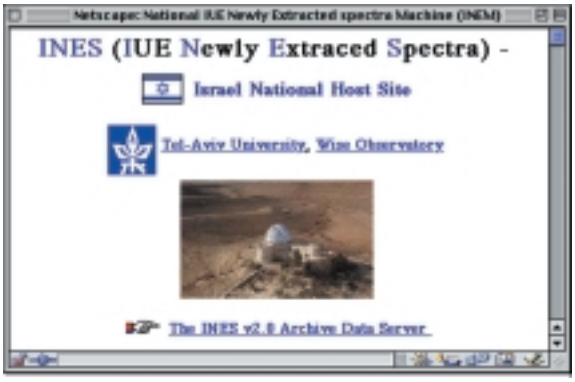
Das Füttern eines Schwarzen Lochs

Als Erklärung für die gewaltigen Eruptionen, die sich in Galaxien ereignen, dienen Theoretikern gigantische Schwarze Löcher als Erklärung. Die Beobachtungen stimmen zwar damit überein, sind aber noch kein Beweis für die Idee, dass diese Schwarzen Löcher auch Materie verschlingen, die sich wie auf einem flachen weißglühenden Teller, Akkretionsscheibe genannt, um sie herum ansammelt.

1997 konnte diese Vermutung aber betätigt werden. Der Durchmesser der inneren Akkretionsscheibe der Galaxie 3C390.3 beträgt 1/5 Lichtjahre und ist damit 1500 mal größer als das Schwarze Loch in seinem Zentrum. IUE beobachtete diese Galaxie in 14 Jahren insgesamt 39 mal. Die Wissenschaftler zogen außerdem die Beobachtungen von fünf Röntgen-satelliten zu dieser Untersuchung hinzu. Wenn das Schwarze Loch einen großen Bissen verschlingt, flackert die Galaxie auf; das Licht braucht aber mehr als einen Monat, um vom Schwarzen Loch bis zur Kante der Akkretionsscheibe zu gelangen. Diese Zeitverzögerung wurde benutzt, um die Größe der Scheibe zu berechnen. Durch das Studium der Bewegung des Gases konnten die Astronomen auch das Schicksal jenes unglücklichen Sterns bestimmen, der vom Schwarzen Loch eingefangen wurde. Zerrissen von der unglaublichen Gravitation, wirbelt seine Materie noch zweimal um das Schwarze Loch herum, bevor es in seinem gefrässigen Magen nach 150 Jahren verschwand.







Übersetzung: *Die Sprache der Originaltextes dieser Broschüre ist Englisch: Die Texte wurden freundlicherweise von den Managern der nationalen Zentren durchgeführt.*

Summary information of INES National Host Institutes and URL addresses

Argentina: Observatorio Astronómico, Univ. Nacional de La Plata, Buenos Aires	*http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/
Austria: Kuffner-Sternwarte, Vienna	http://www.kuffner.ac.at/ines/
Belgium: Royal Observatory of Belgium, Brussels	http://ines.oma.be/
Brazil : Instituto Astronomico e Geofisico, Sao	http://ines.iagusp.usp.br/ines/
Canada: CADC/DAO, Victoria B. C	http://204.174.103.197/
Chile : AURA/CTIO, La Serena	*http://www.ctio.noao.edu/
China,P.R.(National) : Centre for Astrophysics - USTC, Hefei	http://iue.cfa.ustc.edu.cn/ines/
Costa Rica: University of Costa Rica, San Jose	*http://www.efis.ucr.ac.cr/
Egypt: NRIAG - Helwan Observatory, Cairo	*http://www.frcu.eun.eg/
France : CDS - Observatoire de Strasbourg, Strasbourg	http://cdsweb.u-strasbg.fr/
India : Space Science Data Centre - ISRO HQ, Bangalore	*http://www.isro.org/
Indian Institute of Astrophysics - VBO, Alangayam	*http://www.iiap.ernet.in/
Israel : Wise Observatory, Tel Aviv University, Tel Aviv	http://wise-iue.tau.ac.il/
Italy : Osservatorio Astronomico di Trieste, Trieste	http://ines.oat.ts.astro.it/
Japan : National Astronomical Observatory, Tokyo	http://iue.mtk.nao.ac.jp/
Korea : Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk	htttp://star91.chungbuk.ac.kr/ines/
Mexico :INAOE, Puebla	*http://www.inaoep.mx/
Netherlands : Sterrenkundig Instituut, Utrecht	*http://www.fys.ruu.nl/
Nordic countries : Uppsala Astronomical Observatory, Uppsala	*http://www.astro.uu.se/
Poland : Torun Center for Astronomy, Nicholas Copernicus University, Torun	http://ines.astri.uni.torun.pl/
Portugal : Centro de Astrofisica da Universidade do Porto, Porto	*http://www.astro.up.pt/
Russia : Institute of Astronomy of Russian Acad. Sci., Moscow	http://ulda.inasan.rssi.ru/
South Africa : South African Astronomical Observatory, Cape Town	*http://www.saao.ac.za/
Spain : LAEFF/VILSPA, Madrid. INES Principal Centre (also serving Germany)	http://ines.vilspa.esa.es/
Switzerland : Inst. d'Astronomie de l'Université de Lausanne, Chavannes-des-bois	*http://obswww.unige.ch/
Taiwan : Inst. of Physics and Astronomy, Chung-Li	*http://www.phy.ncu.edu.tw/
Turkey : Physics Department - METU, Ankara	*http://www.physics.metu.edu.tr/
United Kingdom : Rutherford Appleton Laboratory, Chilton	http://iuepc.bnsc.rl.ac.uk/ines/
USA : STScI, Baltimore	http://ines.stsci.edu/ines/

Notes: http: INES NH Node Link (installation completed and National Host fully operational)
*http: INES NH Institute Link (not yet operational)

ESA BR-145
ISBN 92-9092-602-3

European Space Agency
Agence spatiale européenne

Contact: ESA Publications Division
c/o ESTEC, PO Box 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands
Tel (31) 71 565 3400 - Fax (31) 71 565 5433